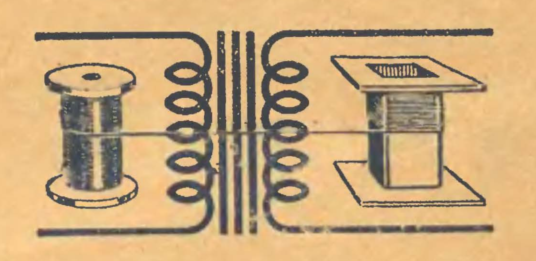
МАССОВАЯ
РАДИО-
БИБЛИОТЕКА

А. Н. ПОДЪЯПОЛЬСКИЙ

КАК НАМОТАТЬ ТРАНСФОРМАТОР



Госэнергоиздат

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

ПОД ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ АКАДЕМИКА А. И. БЕРГА

Выпуск 176

А. Н. ПОДЪЯПОЛЬСКИЙ

КАК НАМОТАТЬ ТРАНСФОРМАТОР



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА 1953 ЛЕНИНГРАД

Брошюра рассчитана на начинающего радиолюбителя и содержит практические сведения по намотке, сборке и простейшим испытаниям трансформаторов для маломощных усилителей и приемников.

СОДЕРЖАНИЕ

Редактор *Н. А. Ульяновский* Технич. редактор *Г. Е. Ларионов*

Сдано в набор 18/XI 1952 г. Подписано к печати 10/III 1953 г.
Бумага $84 \times 108^1/_{32}$=$^3/_8$ бумажн. лист. 1,23 п. л. Уч.-изд. л. 1,5
Т-00289 Тираж 50 000 экз. Цена 60. коп. Заказ 3403

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

При постройке приемника, усилителя или другой радиоаппаратуры радиолюбителю приходится сталкиваться с работой по переделке старого или по изготовлению нового трансформатора. Радиолюбители, впервые приступающие к такой работе, часто не представляют себе достаточно ясно, как произвести намотку, какой подобрать материал и как испытать изготовленный трансформатор. Сведения по этим вопросам, почерпнутые из журнальных статей и книг, обычно бывают недостаточны, и радиолюбителю приходится бо́льшую часть работы делать, полагаясь на свою смекалку, или прибегать к помощи и советам более опытного товарища.

Учитывая это, автором данной брошюры предпринята попытка дать в систематизированном виде необходимые указания по изготовлению маломощных трансформаторов и научить практическим приемам их намотки в домашних условиях или в радиокружке.

ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ НАМОТКИ

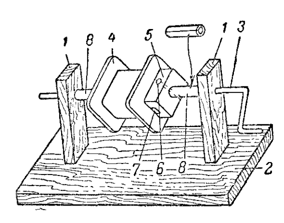
На заводах при массовом серийном или поточном производстве трансформаторы обычно наматываются на специальных, часто автоматизированных станках. Радиолюбителям трудно, конечно, рассчитывать на специальный намоточный станок, и поэтому намотку трансформаторов они производят обычно или непосредственно от руки, или с помощью простых намоточных приспособлений.

Рассмотрим, как можно из подручных материалов и при помощи обычных инструментов изготовить простые приспособления для намотки.

Простейшее такое приспособление показано на фиг. 1. Оно состоит из двух стоек *1* (или металлической скобы), укрепленных на доске *2*, и оси *3* из толстого (диаметром 8—10 *мм*) металлического прутка, продетого сквозь отверстия в стойках и изогнутого на одном конце в виде рукоятки.

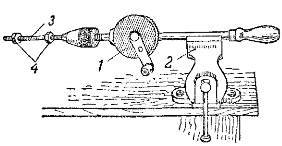
Для намотки провода на готовый каркас *4* изготовляют деревянную колодку *5*, по размерам немного меньшую, чем окно каркаса. В колодке просверливают отверстие для на-

садки ее на ось. Каркас надевают на колодку, которая затем помещается на оси и закрепляется там шпилькой *6*. Для того чтобы каркас не болтался и не съезжал с колодки, между ними надо вставить уплотняющий клин *7* из твердого картона или тонкой фанеры. Чтобы избежать при намотке осевого люфта, что очень важно для ровной укладки витков, на свободные участки оси между колодкой и стойками необходимо надеть отрезки трубок *8*, которые можно изготовить из металлических листочков, обернув их вокруг оси *3*.



Фиг. 1. Простейшее намоточное приспособление.

1 — стойки; *2* — доска; *3* — ось; *4* — каркас катушки; *5* — колодка; *6* — шпилька *7* — клин; *8* — трубки.



Фиг. 2. Намоточное приспособление из дрели.

1 — дрель; *2* — тиски; *3* — прут; *4* — гайки.

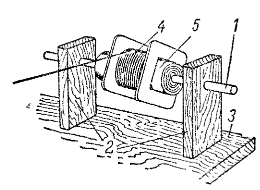
Для снятия намотанного каркаса нужно вынуть шпильку *6* и вытащить ось *3*.

Более удобное и надежное намоточное приспособление выполняется из ручной дрели *1* (фиг. 2), которую надо зажать в тиски *2* или прикрепить к столу так, чтобы ничто не мешало свободному вращению рукоятки дрели. В патрон дрели зажимается металлический прут *3*, на который насаживают колодку с каркасом. Прут диаметром 4—6 *мм* лучше всего нарезать, и тогда колодку с каркасом можно зажимать между двумя гайками *4*. В этом случае можно обойтись без колодки, зажимая каркас двумя щечками из фанеры или текстолита с отверстиями в центре.

В качестве намоточного приспособления удобно также использовать готовый станочек для текстильных шпулей, моталку для перемотки кинопленки, телефонный индуктор и пр. Особенно удобна моталка для кинопленки (после небольшой переделки), так как она сделана прочно и имеет мягкий безлюфтовый ход. Переделка ее заключается в замене короткого валика с замком для бобин с кинопленкой на длинную ось с резьбой и барашками для закрепления различных каркасов.

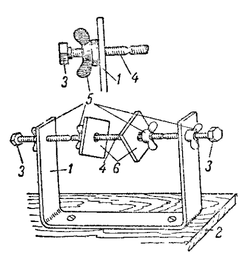
Не меньшее значение для намоточных работ, чем сам намоточный станок, имеет размоточное приспособление, на которое надевается катушка с проводом или каркас старого трансформатора, провод которого используется для новой намотки. Чтобы у разматываемого провода не портилась изоляция, а также чтобы не было толчков (что важно при рядовой укладке витков), провод должен итти совершенно равномерно.

Простейшее приспособление для размотки провода изображено на фиг. 3. Это обычный металлический пруток *1*, продетый в отверстия деревянных стоек *2*, укрепленных на доске *3*. Изготовление деревянной колодки для каркаса разматываемой катушки *4* в этом случае необязательно. Для того чтобы она не била и не прыгала при размотке, можно из толстого картона или бумаги свернуть нужного диаметра трубку *5*, пропустить сквозь нее прут и достаточно плотно вставить ее в окно каркаса.



Фиг. 3. Простейшее приспособление для размотки провода.

1 — пруток; *2* — стойки; *3* — доска; *4* — катушка с проводом; *5* — трубка.

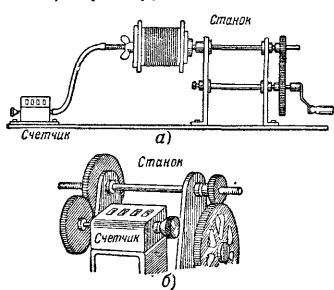


Фиг. 4. Станочек для размотки провода.

1 — скоба; *2* — доска, *3*—болтики; *4*—шпилька; *5* — гайки (барашки); *6* — щечки.

Лучше, однако, изготовить специальное размоточное приспособление, изображенное на фиг. 4. Из полосы мягкой стали или другого подходящего материала сгибается скоба *1*, которая крепится к доске *2* (или столу). В вертикальных стойках скобы делают отверстия (диаметром 5—6 *мм*) с нарезкой (резьба М-5 или М-6), в которые ввинчивают заточенные с концов на конус болтики *3*. Из металлического прута диаметром 5—6 *мм* изготовляется нарезанная по всей длине шпилька *4*, с торцов которой высверлены неглубокие отверстия (3—4 *мм*). Конусы и шпилька комплектуются соответствующими гайками (лучше барашками) *5* и щечками *6* для зажима катушки или каркаса с проводом.

Весьма важным в процессе намотки является возможность точного счета числа витков. Простой, но требующий особого внимания способ — это устный отсчет каждого оборота (или через один оборот) ручки станка. Если обмотка должна содержать большое число витков, то удобнее, отсчитав сотню витков, делать отметку на бумаге (в виде палочки), суммируя затем все отметки. В станочке с шестеренчатой передачей учитывается при этом коэффициент передачи, который следует всегда помнить.



Фиг. 5. Сочленение счетчика витков с намоточным приспособлением.
а — при помощи гибкого валика; *б* — с помощью шестерен.

Гораздо лучше применение механического счетчика, в качестве которого можно приспособить велосипедный спидометр или счетный механизм от электросчетчика, водометра и т. д.

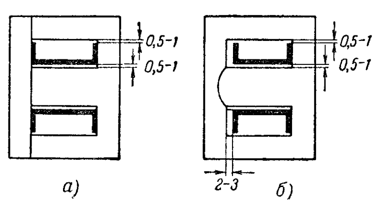
Сочленение счетчика со станком можно выполнить при помощи гибкого валика (куска толстостенной резиновой трубки), соединяющего ось счетчика с осью станка (фиг. 5,*а*) В этом случае каждый раз при установке нового каркаса приходится разъединять сочленение осей, снимая гибкий валик, и после установки нового каркаса надевать его вновь. Более удобный, но и более сложный способ сочленения заключается в том, что счетчик связывается со станком посредством пары одинаковых шестерен (фиг. 5,*б*). При этом способе счетчик сцеплен со станком все время.

КАРКАС

Каркас трансформатора (или дросселя) нужен для изоляции обмоток от сердечника и для удержания в порядке обмоток, изоляционных прокладок и выводов. Поэтому он должен быть изготовлен из достаточно прочного изоляционного материала. Вместе с тем он должен выполняться из достаточно тонкого материала, для того чтобы не занимать много места в окне сердечника. Обычно материалом для каркаса служат плотный картон (прессшпан), фибра, тек-

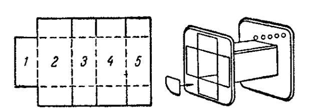
столит, гетинакс и т. п. В зависимости от размеров трансформатора или дросселя толщина листового материала для каркаса берется от 0,5 до 2,0 *мм*.

Для клейки картонного каркаса можно употреблять конторский универсальный клей или обычный столярный клей. Лучшим клеем, обладающим хорошей влагоустойчивостью, следует считать нитроклей (эмалит, геркулес). Гетинаксовые или текстолитовые каркасы обычно не склеиваются, а собираются «в замок».



Фиг. 6. Соразмерность каркаса и пластин сердечника.
а — для разъемных пластин; *б* — для пластин с просечкой среднего керна.

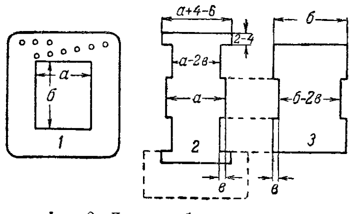
По размерам сердечника определяются форма и размеры каркаса, после чего вычерчиваются, а затем нарезаются его детали. Если применяются трансформаторные пластины с просечкой среднего керна, то высоту каркаса делают на несколько миллиметров меньше высоты окна, чтобы без затруднений можно было вставлять пластины сердечника. Во избежание ошибок размеры пластин сердечника нужно тщательно измерить (если они неизвестны) и начертить на бумаге эскиз с размерами отдельных частей каркаса. Особенно важно согласование отдельных частей каркаса при сборке его «в замок». Соотношения размеров каркаса и пластин сердечника для разного типа пластин даны на фиг. 6.



Фиг. 7. Выкройка и склейка каркаса.

Обычный каркас для трансформатора можно изготовить так. Сначала вырезают щечки каркаса и выкраивают гильзу с отворотами на торцевых сторонах согласно фиг. 7. Сделав надрезы в местах сгиба, выкройку свертывают в коробочку, причем сторона *1* склеивается со стороной *5*. После

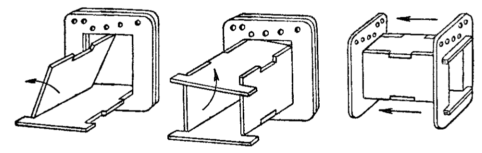
этого обе щечки надеваются на гильзу. Затем нужно отогнуть отвороты гильзы и, раздвинув щечки на края гильзы, приклеить отвороты к наружным плоскостям щечек. В углы на наружной стороне щечек можно вклеить кусочки того же картона, из которого изготовлялась гильза каркаса. Если клей достаточно прочен и надежен, то гильзу можно делать без отворотов, приклеивая щечки непосредственно на краях гильзы.



Фиг. 8. Детали сборного каркаса.

а — ширина пластины сердечника, плюс зазор, плюс толщина материала деталей *3*; *б* — толщина набора пластин сердечника плюс толщина деталей *2*; *в* — толщина материала.

Более сложным в изготовлении является сборный каркас, но зато он обладает большой прочностью и не требует склеивания. Детали сборного каркаса изображены на фиг. 8. Они изготовляются следующим образом. Размеры с эскиза путем разметки переносятся на лист материала (текстолита, гетинакса, фибры). Если материал не слишком толст, то детали вырезают ножницами. Затем напильником пропиливают в них пазы. В щечках *1*, после высверливания в них нескольких отверстий, выпиливают окна. После этого, раз-



Фиг. 9. Сборка каркаса „в замок".

ложив детали на столе, производят подгонку сторон *2* и *3* гильзы так, чтобы при сборке каркаса сошлись все пропилы и выступы «замка». При разметке и изготовлении деталей *2* у одной из них можно «замочную» часть сделать значительно бо́льших размеров (контуры показаны пунктиром на фиг. 8) для размещения на ней контактов или лепестков для подпайки выводов обмоток. Чтобы не спутать детали, их следует перед сборкой пронумеровать. Порядок сборки каркаса ясен из фиг. 9.

Сразу же после изготовления щечек лучше заранее насверлить в них «в запас» отверстия для выводов. При сборке каркаса или приклейке щечек необходимо учесть, с какой из сторон трансформатора (или с обеих) и на какой из сторон щечек будут сделаны выводы, чтобы правильно расположить стороны щечек, имеющие отверстия для выводов. Надо обратить внимание на то, чтобы стороны щечек с отверстиями в случае квадратного сечения сердечника не оказались закрытыми пластинами сердечника.

Готовый склеенный или собранный каркас нужно подготовить к намотке, для чего следует напильником скруглить углы гильзы и щечек, а также снять заусеницы. Полезно (но необязательно) промазать или пропитать каркас шеллаком, бакелитом и пр.

ИЗОЛЯЦИОННЫЕ ПРОКЛАДКИ

В ряде случаев между соседними рядами обмоток трансформатора образуется большое напряжение, и тогда прочность изоляции самого провода оказывается недостаточной. В таких случаях между рядами витков необходимо класть изоляционные прокладки из тонкой плотной бумаги, кальки, кабельной, конденсаторной или папиросной бумаги. Бумага должна быть ровной и при рассматривании на просвет в ней не должно быть видимых пор и проколов.

Изоляция между обмотками в трансформаторе должна быть еще лучше, чем между рядами витков, и тем лучше, чем выше напряжение. Лучшая изоляция — лакоткань, но кроме нее, нужна еще и плотная кабельная или оберточная бумага, которые прокладываются также и с целью выравнивания поверхности для удобства намотки сверху следующей обмотки. Один слой лакоткани всегда желателен, однако ее можно заменить двумя-тремя слоями кальки или кабельной бумаги.

Измерив расстояние между щечками готового каркаса, можно приступить к заготовке изоляционных полос бумаги. Для того чтобы крайние витки обмотки не заваливались между краями полос и щечками, бумагу нарезают несколько более широкими полосами, чем расстояние между щечками каркаса, а края на 1,5—2 *мм* надрезаются ножницами или просто загибаются. При намотке надрезанные или загнутые полосы закрывают крайние витки обмотки. Длина полос должна обеспечить перекрытие периметра намотки с нахлестом концов на 2—4 *см*.

Для изоляции выводов, мест паек и отводов обмоток применяются отрезки кембриковых или хлорвиниловых трубок и кусочков лакоткани.

Для затяжки и закрепления начала и конца толстых обмоток (накальных и выходных), заготавливают куски (10—15 *см*) киперной ленты или полоски, вырезанные из лакоткани и сложенные для прочности втрое, вчетверо.

Если наружный ряд обмотки близко подходит к сердечнику, то из тонкого листового текстолита или картона вырезают прямоугольные пластинки, которые вставляются между обмоткой и сердечником после сборки трансформатора.

НАМОТОЧНЫЕ И ВЫВОДНЫЕ ПРОВОДА

Обмотки трансформаторов, с которыми приходится иметь дело радиолюбителю, чаще всего выполняются проводом с эмалевой изоляцией марки ПЭ или ПЭЛ.

В силовых трансформаторах для сетевых и повышающих обмоток применяется исключительно провод ПЭ, а для обмоток накала ламп — тот же провод или, при большом диаметре (1,5—2,5 *мм*), провод с двойной бумажной изоляцией марки ПБД.

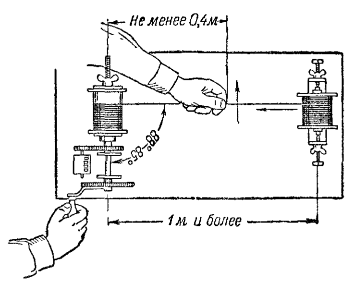
Выводы концов и отводы от обмоток, выполненных тонким проводом, делаются проводом несколько большего сечения, чем провод обмотки. Для них лучше брать гибкий многожильный провод с эластичной изоляцией (например, хлорвиниловой или резиновой). По возможности желательно брать провода с различной расцветкой, чтобы по ним можно было потом легко узнать любой вывод. Выводы от обмоток, выполняемые толстым проводом, можно делать тем же проводом. На концы или отводы этих обмоток надо надеть кусочки тонкостенных изоляционных трубок. Выводные проводники должны быть такой длины, чтобы их можно было свободно присоединить к элементам схемы или к расшивочной планке (гребенке).

НАМОТКА

Катушка с проводом, предназначенным для очередной намотки, зажимается между съемными щечками нарезной шпильки размоточного устройства. Шпилька с катушкой устанавливается в конусах этого устройства (фиг. 4). В зависимости от диаметра провода регулируются нажим конусов и степень притормаживания разматываемой катушки.

Катушку необходимо зажимать так, чтобы она при размотке не била, так как от этого зависят успешность и легкость укладки провода виток к витку. Размоточное приспособление располагается впереди намоточного станка не ближе 1 *м* (дальше — лучше).

Подготовленный каркас трансформатора зажимается между двумя свободно насаженными на шпильке щечками. Шпилька затем вставляется в патрон дрели или зажимается на валу намоточного станка. Каркас, так же как и катушку с проводом, надо хорошо отцентровать, чтобы он при намотке равномерно вращался и не бил. Зажимные щетки нужно располагать таким образом, чтобы не закрыть ими отверстий для выводов в каркасе.



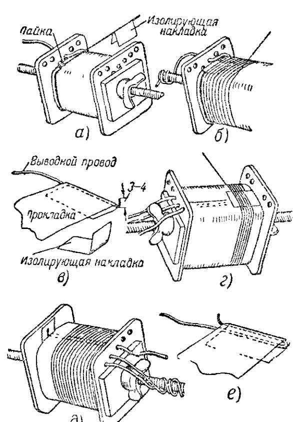
Фиг. 10. Расположение элементов намотки и рук намотчика.

Устанавливать катушку с проводом на размоточном приспособлении и намоточный станок на столе надо так, как изображено на фиг. 10. Провод должен итти сверху катушки на верх каркаса трансформатора. Станок или дрель располагается над столом на такой высоте, чтобы между осью станка и плоскостью стола было расстояние 15—20 *см*; тогда при намотке левую руку можно свободно положить на стол, не мешая вращению станка с каркасом.

Перед тем как приступить к намотке, надо приготовить изоляционные прокладки, выводные проводники, изоляционную трубку для выводов, лист бумаги и карандаш для отметок при счете витков, если нет счетчика, ножницы для подрезки прокладок, кусочек мелкой наждачной бумаги для зачистки изоляции и разогретый паяльник для припайки выводов. Самому надо свободно сесть против стола (верстака) и поупражняться во взаимодействиях рук. Правой рукой надо вращать намоточный станок с таким расчетом, чтобы провод ложился на каркас сверху, а левой — придерживать и натягивать провод, направляя его движение так, чтобы он ложился равномерно виток к витку (для этого левую руку надо положить на стол под ось станка или при-

способления, вытянув ее как можно дальше вперед). Чем дальше от каркаса направлять провод, тем точнее и легче укладывается провод.

Выверенный и закрепленный на станке или дрели каркас обертывают тонкой бумажной полоской. Чтобы полоска держалась, ее можно слегка приклеить.



Фиг. 11. Заделка выводных проводов обмотки.

а — обычная заделка выводного провода; *б* — намотка при обычной заделке провода, *в* — заготовка выводного провода с широкой прокладкой; *г* — намотка при заделке провода с широкой прокладкой; *д* — заделка последнего вывода обмотки; *е* — заготовка петлевого выводного провода.

Выводной проводник или конец самого наматываемого провода обмотки можно закрепить двумя способами.

Если провод тонкий, то вывод делают другим, гибким проводом. Такой вывод должен быть достаточно длинным, чтобы, пропустив его сквозь отверстие в каркасе, можно было обернуть им (одним оборотом) гильзу каркаса. К заранее зачищенному и залуженному на 2—3 *мм* кончику выводного проводника припаивают зачищенный конец наматываемого провода и, изолировав место спайки сложенным вдвое кусочком бумаги или лакоткани, начинают намотку (фиг. 11,*а*). Изолирующая накладка прижимается при намотке последующими витками (фиг. 11,*б*). Продетый в отверстие каркаса вывод надо несколько раз обернуть вокруг оси (шпильки) намоточного станка или привязать его к ней, чтобы при дальнейшей намотке он не выдернулся из каркаса. Для большей надежности выводы можно привязывать к гильзе несколькими витками крепкой нитки.

Другой способ заключается в том, что выводной провод после пропуска его сквозь отверстия в щечке каркаса захватывается полоской прокладочной бумаги, край которой загибается под провод (фиг. 11,*в*). Затем полоска, которая должна иметь ширину каркаса, обертывается вокруг гильзы и прижимает выводной провод. Под полоску при этом

(у конца выводного провода) нужно подложить изолирующую накладку, которая потом прикроет место спайки выводного и наматываемого проводов.

К выступающему из-под прокладки залуженному концу выводного провода, находящемуся у другой щечки каркаса, припаивают зачищенный кончик наматываемого провода и производят намотку. Изолирующая накладка при этом будет прижата первыми витками обмотки, а выводной конец— витками ее первого ряда (фиг. 11,*г*).

Намотку нужно производить сначала не спеша, приспосабливая руку так, чтобы провод шел и ложился виток к витку с некоторым натяжением. В процессе намотки данного ряда левую руку следует равномерно передвигать за укладкой витков, стараясь сохранять угол натяжения. Таким образом, последующие витки первого ряда прижимают предыдущие. Каждый ряд надо на 2—3 *мм* не доматывать до щечки каркаса, чтобы предотвратить этим проваливание витков вдоль щечки. Особенно это важно при намотке высоковольтных обмоток (например, повышающей в силовом или анодной в выходном трансформаторах).

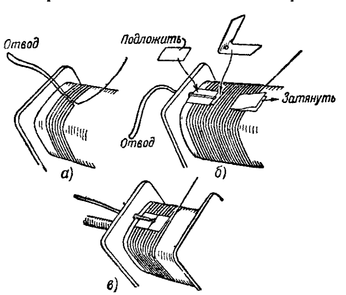
Перед началом намотки (когда заправлен и припаян первый вывод) счетчик оборотов нужно поставить на нуль или записать его показания. При отсутствии счетчика обороты считают про себя или вслух, причем каждая сотня оборотов отмечается на бумаге палочкой.

После намотки каждого ряда провод надо оставлять натянутым, чтобы во время наложения бумажной прокладки намотанная часть обмотки не распускалась. Для этого можно прижать провод к щечке каркаса бельевым зажимом. Прокладка должна закрывать весь ряд обмотки. Она склеивается или же временно (до удержания ее витками следующего ряда) прижимается к обмотке резиновым кольцом, которое можно изготовить из тонкой шнуровой резинки.

Последний вывод обмотки можно делать так же, как и первый. Перед намоткой последнего полного или неполного ряда этот выводной проводник вместе с бумажной прокладкой (фиг. 11,*в*) нужно уложить на каркасе и, обернув каркас полосой прокладки, прижать проводник резиновым кольцом. После намотки последнего ряда наматываемый провод обрезается и после зачистки припаивается к залуженному кончику выводного проводника (фиг. 11,*д*). Если выводной конец должен выходить из щечки, около которой кончается последний ряд обмотки, то заготовка выводного конца делается в виде петли (фиг. 11,*е*), которая уклады-

вается на каркасе точно так же, как и обычный выводной проводник.

Отводы от части витков обмотки, наматываемой не слишком тонким проводом (от 0,3 *мм* и более), можно делать в виде петли тем же проводом (не обрезая его), как это показано на фиг. 12,*а*. Петля в этом случае пропускается через отверстие сложенной вдвое бумажной полоски, которая затягивается после прижатия ее к обмотке последую-



Фиг. 12. Отводы от обмотки.
а — петлевой отвод; *б* — заделка петлевого отвода; *в* — отвод из отдельного провода.

Фиг. 13. Крепление концов обмотки из толстого провода.
а — крепление первого вывода обмотки; *б* — крепление последнего вывода обмотки; *в* — крепление двух выводов двусторонней затяжкой.

щими витками (фиг. 12,*б*). Можно обойтись и без бумажной полоски, если на петлеобразный отвод надеть изоляционную трубку. Отводы от обмотки, выполняемой тонким проводом (менее 0,3 *мм*), делаются обычно гибким выводным проводником, который припаивается к проводу, как показано на фиг. 12,*в*.

Начало и конец обмоток из толстого провода выводятся непосредственно (без отдельных выводных проводов) через отверстия в щечках каркаса. На выходящие из каркаса концы нужно только надеть гибкие изоляционные трубки. Крепление концов обмотки производится с помощью узкой хлопчатобумажной ленты. Ленту складывают вдвое, образуя петлю, в которую пропускается первый выводной конец провода. Придерживая затем ленту рукой и намотав на нее туго 6—8 витков, петлю затягивают (фиг. 13,*а*). Так же закрепляется и второй выводной конец обмотки. Не домотав в этом случае 6—8 последних витков, на каркас кладут

сложенную петлей ленту, наматывают последние витки, которые прижимают эту ленту к каркасу, и, пропустив в петлю конец обмотки, затягивают петлю (фиг. 13,*б*). Если обмотка из толстого провода содержит небольшое число витков (не более 10), то выводные концы можно закреплять лентой путем двусторонней затяжки, как показано на фиг. 13,*в*.

В многослойных обмотках из толстого провода после каждого ряда рекомендуется делать бумажные прокладки. Если каркас не особенно прочный, то каждый последующий ряд надо делать на один-два витка меньше, а пустоты между обмоткой и щечками каркаса заполнить потом шпагатом или нитками. Это важно в том случае, когда сверху еще будут другие обмотки.

При обрывах провода во время намотки или когда обмотка выполняется из отдельных кусков провода, концы проводов соединяют следующим образом. У проводов небольшого диаметра (до 0,3 *мм*) концы на 10—15 *мм* зачищают наждачной бумагой, аккуратно скручивают их и спаивают. Место соединения проводов затем изолируется кусочком прокладочной бумаги или лакоткани. Концы более толстых проводов обычно спаиваются без скрутки. Тонкие провода (0,1 *мм* и меньше) можно сваривать, скрутив концы на 10—15 *мм* (без зачистки изоляции) и помещая их затем в пламя спиртовки, газа или нескольких спичек. Соединение проводов в этом случае считается надежным, если на конце скрутки образуется небольшой шарик.

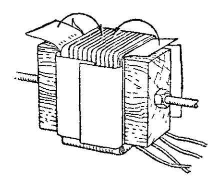
Обмотки из тонкого провода с числом витков в несколько тысяч можно наматывать не виток к витку, а «в навал». Однако укладывать витки следует равномерно, чтобы обмотка не имела бугров и провалов. Примерно через каждый миллиметр толщины такой намотки надо делать бумажные прокладки.

Для симметрирования двух обмоток или половин обмоток часто применяют каркасы, перегороженные посредине щечкой. Сначала наматывается одна половина обмотки, а затем каркас перевертывают на 180° и наматывается другая половина. Так как витки каждой половины обмотки будут при этом намотаны в разные стороны, то при последовательном включении половин нужно соединить их начала или концы. Выводы от обмоток в этом случае удобнее делать с противоположных сторон каркаса.

Обмотки трансформатора или дросселя можно выполнять и без каркаса. Намотка производится в основном так

же, как и с каркасом, но прокладки между обмотками (или рядами) делают очень широкими (в три раза шире обмотки).

По окончании намотки каждой секции выступающие края прокладки разрезают на углах ножницами или лезвием безопасной бритвы и, загибая их, закрывают намотанную секцию (фиг. 14). Торцевые стороны намотанных обмоток нужно залить потом смолкой (от сухих элементов и батарей).



Фиг. 14. Бескаркасная намотка.

Снаружи, если верхний ряд витков последней обмотки намотан толстым проводом и выполнен достаточно аккуратно, катушку можно ничем не обертывать. Если же верхняя обмотка сделана из тонкого провода, да еще намотана не виток к витку, то катушку следует обернуть бумагой или дерматином.

Для того чтобы при монтаже трансформатора можно было легко разобраться в выводах и отводах, желательно применять разноцветные выводные проводники. Например, выводы сетевой обмотки трансформатора делать желтыми, начало и конец повышающей обмотки — красными, отвод от середины повышающей обмотки и провод от экрана — черными и т. д. Можно, конечно, применять и одноцветные выводные проводники, но тогда необходимо на каждый вывод надевать картонную бирку с соответствующим обозначением.

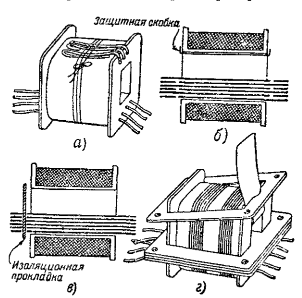
СБОРКА СЕРДЕЧНИКА И МОНТАЖ ВЫВОДОВ

Закончив намотку трансформатора, приступают к сборке его сердечника. Если выводы обмоток сделаны с одной стороны щечки каркаса, то он кладется на стол выводами вниз. Если же выводы сделаны с обеих сторон щечек, то каркас надо расположить так, чтобы внизу оказалось наибольшее число выводов и наиболее толстые из них; верхние же выводы надо сложить в несколько раз и привязать их временно к обмотке, чтобы они не мешали при сборке сердечника (фиг. 15,*а*). Это особенно важно при форме пластин сердечника с просечкой на среднем керне.

Пластины сердечника силового трансформатора собираются без зазора, в перекрышку (поочередно то слева, то справа), как показано на фиг. 15,*б*. Сердечники же выходных трансформаторов или дросселей фильтра часто соби-

рают с воздушным зазором, вставляя пластины только с одной стороны (фиг. 15,*в*). Чтобы этот зазор оставался неизменным, в стык между пластинами и накладками сердечника вставляют полоску бумаги или картона. В пластинах с просечкой на среднем керне толщина зазора определяется толщиной просечки.

Если каркас не очень прочен, то заполнять его пластинами (особенно в конце сборки) надо очень осторожно, так как иначе можно острым краем среднего керна разрезать гильзу и повредить обмотку. Для предотвращения этого желательно в окно каркаса вставить и загнуть защитную полоску из мягкой стали (фиг. 15,*б*).



Фиг. 15. Сборка сердечника.

а — подготовка каркаса с обмотками для заполнения его пластинами; *б* — сборка пластин сердечника в „перекрышку"; *в* — сборка пластин сердечника „в стык" с зазором; *г* — сборка сердечника из пластин с просечкой среднего керна.

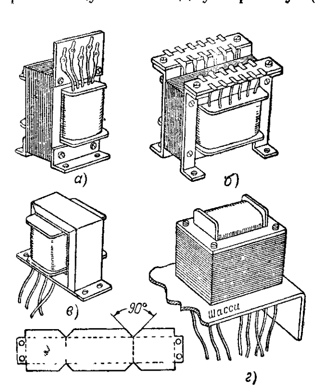
При сборке сердечника из пластин с просечкой среднего керна нужно применять вспомогательную направляющую пластинку (фиг. 15,*г*), вырезав ее, например, из одной пластины сердечника.

Окно каркаса заполняется возможно бо́льшим числом пластин. Если трансформатор был разобран и перематывался, то при его новой сборке надо использовать все вынутые раньше пластины. В процессе сборки сердечник следует несколько раз поджимать, просунув для этого в окно каркаса линейку или пруток. Последние пластины, если они входят туго, можно забить молотком, легко ударяя им через деревянную подкладку. После этого, поворачивая трансформатор разными сторонами и ставя его на ровную поверхность, надо легкими ударами молотка через деревянную подкладку подравнять сердечник.

Сердечник, после его сборки, должен быть хорошо стянут. Если в пластинах имеются отверстия, то он стягивается болтиками через накладные планки или угольники (фиг. 16,*а* и *б*). Вместе с этим можно установить и щиток с лепестками для подпайки выводных концов обмоток.

Сердечник небольшого размера, собранный из пластин без отверстий, можно стянуть одной общей скобой, вырезанной из нетолстой мягкой стали (фиг. 16,*в*).

Очень удобно для крепления трансформатора и стягивания его сердечника использовать шасси, на котором трансформатор должен быть установлен. В шасси вырезают окно для прохода нижней части катушки с выводами, устанавливают трансформатор и стягивают сердечник болтиками через общую накладную рамку (фиг. 16,*г*). Выводные концы при этом соединяются с соответствующими участками схемы либо непосредственно, либо через установленный на шасси щиток с контактными лепестками.



Фиг. 16. Сборка трансформатора.

а и *б* — трансформаторы с контактными щитками, стянутые болтиками с помощью планок и угольников; *в* — трансформатор, стянутый скобой (обоймой); *г* — трансформатор, стянутый болтиками между планкой и шасси.

ПРОСТЕЙШИЕ ИСПЫТАНИЯ

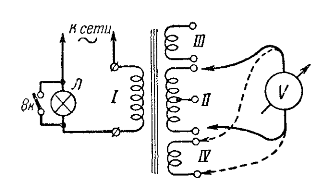
Трансформатор, после его намотки и сборки необходимо испытать.

Силовые трансформаторы испытываются путем включения первичной (сетевой) обмотки в электросеть.

Для проверки отсутствия коротких замыканий в обмотках трансформатора можно рекомендовать следующий простой способ. В сеть последовательно с первичной обмоткой *I* проверяемого трансформатора включается электрическая лампа *Л* (фиг. 17), рассчитанная на соответствующее напряжение сети. Для трансформаторов мощностью 50—100 *вт* берут лампу 15—25 *вт*, а для трансформаторов 200—300 *вт* — лампу 50—75 *вт*. При исправном трансформаторе лампа должна гореть примерно «в четверть накала». Если при этом замкнуть накоротко какую-либо из обмоток трансформатора, то лампа будет гореть почти полным накалом. Таким путем проверяются целость обмоток, правильность выводов и отсутствие короткозамкнутых витков в трансформаторе.

После этого, проследив за тем, чтобы выводы обмоток не были замкнуты, первичную обмотку трансформатора надо включить на один-два часа непосредственно в сеть (замкнув выключателем *Вк* лампу *Л*). В это время можно вольтметром измерить напряжение на всех обмотках трансформатора и убедиться в соответствии их величин с расчетными.

Кроме того, нужно испытать надежность изоляции между отдельными обмотками трансформатора. Для этого одним из выводных концов повышающей обмотки *II* надо поочередно коснуться каждого из выводов сетевой обмотки *I*. В этом случае напряжение повышающей обмотки совместно с напряжением сетевой обмотки будет действовать на изоляцию между этими обмотками. Таким же образом, прикасаясь выводным концом повышающей обмотки *II* к выводным концам других обмоток, испытывается изоляция и этих обмоток. Отсутствие искры или слабое искрение (за счет емкости между обмотками) при этом показывает достаточность изоляции между обмотками трансформатора.



Фиг. 17. Схема для испытания обмоток трансформатора.

Испытание трансформатора нужно производить внимательно, соблюдая осторожность, чтобы не попасть под высокое напряжение повышающей обмотки.

Другие виды трансформаторов (выходные и т. п.) с обмотками из достаточно большого числа витков испытываются таким же образом. Измеряя при этом напряжения на обмотках трансформатора, можно определить коэффициент трансформации.

Убедившись в результате испытания в исправности изготовленного трансформатора, последний можно считать готовым к установке и монтажу.

Диаметр по меди, *мм*	Сечение меди, *мм*²	Сопротивление 1 *м* при 20° С, *ом*	ПЭЛ		ПШО	
			Диаметр, *мм*	Вес 100 *м*, *г*	Диаметр, *мм*	Вес 100 *м*, *г*
0,05	0,00196	9,29	0,06	1,8	0,10	2,40
0,06	0,00283	6,44	0,07	2,6	0,11	3,20
0,07	0,00385	4,73	0,08	3,5	0,12	4,20
0,08	0,00502	3,63	0,09	4,6	0,13	5,40
0,09	0,00636	2,86	0,10	5,8	0,14	6,70
0,10	0,00785	2,23	0,115	7,3	0,15	8,30
0,11	0,00950	1,85	0,125	8,8	0,16	10,00
0,12	0,01131	1,55	0,135	10,4	0,17	11,7
0,13	0,01327	1,32	0,145	12,1	0,18	13,5
0,14	0,01539	1,14	0,155	14,0	0,19	15,5
0,15	0,01707	0,994	0,165	15,2	0,20	17,70
0,16	0,02011	0,873	0,175	18,3	0,21	19,90
0,17	0,02270	0,773	0,185	20,6	0,22	22,30
0,18	0,02545	0,688	0,195	23,1	0,23	24,90
0,19	0,02835	0,618	0,205	25,8	0,24	27,6
0,20	0,03142	0,558	0,215	28,5	0,26	30,40
0,21	0,03464	0,507	0,230	31,6	0,27	33,40
0,23	0,04155	0,423	0,250	37,8	0,29	39,70
0,25	0,04909	0,357	0,270	44,5	0,31	46,60
0,27	0,05726	0,306	0,295	52,1	0,33	54,10
0,29	0,06605	0,266	0,315	60,1	0,35	62,6
0,31	0,07548	0,233	0,340	68,8	0,37	70,10
0,33	0,08553	0,205	0,360	77,8	0,39	80,00
0,35	0,09621	0,182	0,380	87,4	0,41	89,70
0,38	0,11341	0,155	0,410	103	0,44	105,4
0,41	0,13202	0,133	0,440	120	0,47	122,3
0,44	0,15205	0,115	0,475	138	0,50	140,4
0,47	0,17349	0,101	0,505	157	0,53	159,8
0,49	0,18848	0,0931	0,525	171	0,55	173,5
0,51	0,20428	0,0859	0,545	185	0,57	187,7
0,55	0,23758	0,0739	0,590	215	0,61	217,8
0,59	0,27340	0,0643	0,630	247	0,65	250,2
0,64	0,32170	0,0546	0,680	291	0,70	294,7
0,69	0,37393	0,0469	0,730	342	0,75	345,8
0,74	0,43008	0,0408	0,790	389	—	—
0,80	0,50265	0,0349	0,850	445	—	—
0,86	0,58088	0,0302	0,910	524	—	—
0,93	0,67929	0,0258	0,980	612	—	—
1,00	0,78540	0,0224	1,050	707	—	—
1,08	0,9161	0,0192	1,140	826	—	—
1,16	1,0568	0,0166	1,220	922	—	—
1,20	1,1310	0,0155	1,260	1 022	—	—
1,25	1,2272	0,0143	1,310	1 105	—	—

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ПРОВОДА

ПЭШО		ПБО		ПШД		ПЭБО		ПБД	
Диаметр, *мм*	Вес 100 *м*, *г*	Диаметр, *мм*	Вес 100 *м*, *г*	Диаметр, *мм*	Вес 100 *м*, *г*	Диаметр, *мм*	Вес 100 *м*, *г*	Диаметр, *мм*	Вес 100 *м*, *г*
0,11	2,56	—	—	0,15	3,3	—	—	—	—
0,12	3,40	—	—	0,16	4,1	—	—	—	—
0,13	4,55	—	—	0,17	5,2	—	—	—	—
0,14	5,70	—	—	0,18	6,5	—	—	—	—
0,15	7,02	—	—	0,19	7,8	—	—	—	—
0,165	8,90	0,19	9,2	0,20	10,3	0,205	9,9	—	—
0,175	10,50	0,20	10,9	0,21	12,0	0,215	11,5	—	—
0,185	12,30	0,21	12,7	0,22	13,8	0,225	13,4	—	—
0,195	14,10	0,22	14,6	0,23	15,7	0,235	15,3	—	—
0,205	16,10	0,23	16,7	0,24	17,8	0,245	17,3	—	—
0,215	18,40	0,24	18,8	0,25	20,1	0,255	19,8	—	—
0,225	20,60	0,25	21,1	0,26	22,4	0,265	22,0	—	—
0,235	23,00	0,26	23,5	0,27	24,9	0,275	24,4	—	—
0,245	25,60	0,27	26,2	0,28	27,6	0,285	27,1	—	—
0,255	28,40	0,28	28,9	0,29	30,4	0,295	29,9	—	—
0,280	31,20	0,29	31,8	0,32	33,3	0,310	32,8	0,37	35,6
0,290	34,60	0,30	34,9	0,33	36,4	0,320	36,1	0,38	38,9
0,310	41,00	0,32	41,3	0,35	42,9	0,340	42,7	0,40	45,6
0,330	48,00	0,34	48,3	0,37	50,1	0,360	49,8	0,42	52,9
0,355	56,00	0,38	57,2	0,39	57,8	0,405	59,3	0,47	63,4
0,375	64,10	0,40	65,4	0,41	66,1	0,425	67,6	0,49	71,9
0,400	73,30	0,42	74,3	0,43	74,9	0,450	76,9	0,51	81,6
0,420	82,60	0,44	83,6	0,45	84,2	0,470	86,3	0,53	91,0
0,440	92,40	0,46	93,4	0,47	94,2	0,490	96,3	0,55	101,1
0,470	108,40	0,49	109,4	0,50	110,2	0,520	112,6	0,58	117,7
0,505	126,2	0,52	126,6	0,53	127,4	0,555	130,7	0,61	135,5
0,535	144,5	0,55	145,0	0,56	145,8	0,585	149,3	0,64	154,5
0,565	164,0	0,58	164,6	0,59	165,5	0,615	169,1	0,67	174,6
0,585	178,0	0,60	178,5	0,61	179,5	0,635	182,6	0,69	189,5
0,610	192,9	0,62	192,9	0,63	193,9	0,66	193,3	0,71	203
0,650	222,2	0,66	223,4	0,67	224,5	0,70	229,2	0,75	234
0,690	256,1	0,70	256,0	0,71	257,2	0,74	262,3	0,79	267
0,740	301,2	0,75	301,0	0,76	302,3	0,79	307,8	0,84	313
0,790	352,8	0,80	347,5	0,81	353,9	0,84	354,9	0,89	360
0,850	400,6	0,85	398,5	—	—	0,90	408,2	0,94	412
0,910	461,8	0,91	459,3	—	—	0,96	469,8	1,00	474
0,970	537,9	0,97	585,5	—	—	1,02	546,5	1,06	551
1,040	627,3	1,94	625,6	—	—	1,09	636,5	1,13	641
1,120	723,6	1,152	722,7	—	—	1,18	733,5	1,25	738
1,200	943,5	1,205	841,2	—	—	1,26	857,5	1,33	868
1,280	970,9	1,285	967,4	—	—	1,34	985	1,41	996
1,320	1038	1,325	1 035,4	—	—	1,38	1053	1,45	1 066
1,370	1125	1,375	1 122	—	—	1,43	1141	1,50	1 153

ЧИСЛО ВИТКОВ, ПРИХОДЯЩИХСЯ НА САНТИМЕТР ДЛИНЫ СПЛОШНОЙ НАМОТКИ

Диаметр по меди, *мм*	Число витков						
	ПЭ и ПЭЛ	ПШО	ПЭШО	ПБО	ПШД	ПЭБО	ПБД
0,05	166,7	100,0	90,9	—	66,7	—	—
0,06	149,9	90,9	83,3	—	62,5	—	—
0,07	125,0	83,3	76,9	—	58,5	—	—
0,08	111,1	76,9	71,4	—	55,6	—	—
0,09	100,0	71,4	66,7	—	52,6	—	—
0,10	87,6	66,7	60,6	52,6	50,0	48,8	—
0,11	80,0	62,5	57,4	50,0	47,6	46,5	—
0,12	74,1	58,8	54,2	47,6	45,5	44,5	—
0,13	69,0	55,6	51,3	45,5	43,5	42,6	—
0,14	64,5	52,6	48,8	43,5	41,7	40,8	—
0,15	60,6	50,0	46,5	41,7	40,0	39,2	—
0,16	57,8	47,6	44,4	40,0	39,5	37,7	—
0,17	54,3	45,5	42,6	38,5	37,0	36,4	—
0,18	51,3	43,5	41,0	37,0	35,7	35,1	—
0,19	47,8	41,6	39,2	35,7	34,5	33,9	—
0,20	46,5	38,5	35,7	34,5	31,2	32,3	27,0
0,21	43,5	37,0	34,5	33,3	30,3	31,2	26,3
0,23	40,0	34,5	32,3	31,2	28,6	29,4	25,0
0,25	37,0	32,3	30,3	29,4	27,0	27,8	23,8
0,27	33,9	30,3	28,2	26,3	25,6	24,7	21,3
0,29	31,7	28,6	26,7	25,0	24,4	23,5	20,4
0,31	29,4	27,0	25,0	23,8	23,3	22,2	19,6
0,33	27,8	25,6	23,8	22,7	22,2	21,3	18,9
0,35	26,3	24,4	22,7	21,7	21,3	20,4	18,2
0,38	24,4	22,7	21,3	20,4	20,0	19,2	17,2
0,41	22,7	21,3	19,8	19,2	18,9	18,0	16,4
0,44	21,1	20,0	18,7	18,2	17,8	17,1	15,6
0,47	19,8	18,9	17,7	17,2	16,9	16,3	14,8
0,49	19,05	18,2	17,1	16,7	16,4	15,8	14,5
0,51	18,35	17,5	16,4	16,1	15,9	15,2	14,1
0,55	16,94	16,39	15,38	15,15	14,92	14,29	13,33
0,59	15,88	15,38	14,49	14,29	14,08	13,51	12,66
0,64	14,71	14,29	13,51	13,33	13,16	12,66	11,90
0,69	13,70	13,33	12,66	12,50	12,34	11,90	11,23
0,74	12,66	—	11,77	11,77	—	11,11	10,64
0,80	11,77	—	10,99	10,99	—	10,42	10,00
0,86	10,99	—	10,31	10,31	—	9,80	9,44
0,93	10,20	—	9,61	9,61	—	9,14	8,85
1,00	9,52	—	8,93	8,89	—	8,48	8,00
1,08	8,77	—	8,33	8,80	—	7,94	7,52
1,16	8,20	—	7,81	7,78	—	7,46	7,09
1,20	7,94	—	7,58	7,55	—	7,25	6,89
1,25	7,63	—	7,30	7,27	—	6,99	6,67

ДАННЫЕ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ОТ НЕКОТОРЫХ РАДИОПРИЕМНИКОВ

Трансформатор от приемника	Сечение сердечника, *см*²	Сетевая обмотка		Повышающая обмотка		Обмотка накала кенотрона		Обмотка накала ламп	
		Число витков	Диаметр провода, *мм*	Число витков	Диаметр провода, *мм*	Число витков	Диаметр провода, *мм*	Число витков	Диаметр провода, *мм*
„Москвич" (автотрансформатор)	5,6	744+964+58	0,25+0,38+0,8	—	—	—	—	—	—
„Москвич" (автотрансформатор)	5,6	242+343+779+46	0,2+0,2+0,25+0,8	—	—	—	—	—	—
„Москвич" (автотрансформатор)	5,6	255+345+779+44	0,2+0,2+0,25+0,8	—	—	—	—	—	—
„АРЗ-49" (автотрансформатор)	5,76	750+740+190+53	0,27+0,27+0,35+0,8	—	—	—	—	—	—
„Пионер-47"	10,5	441+69+376	0,4+0,4+0,3	1 250×2	0,14	23	1,0	29	1,0
„6Н-25"	—	(280+44) ×2	0,41	900×2	0,2	14	0,93	18	1,1
„Урал-47"	13,4	(400+60) ×2	0,31	1 125×2	0,17	25	1,0	30	1,0
„Урал-49"	13,5	(400+60) ×2	0,31	1 050×2	0,2	21	0,8	27	0,8
„Салют"	14,7	(359+55) ×2	0,33	630×2	0,15	10	1,0	13	1,0
„ВЭФ М-557"	—	372+58+315	0,51+0,51+0,35	1 200×2	0,17	17	0,9	21	0,9
„Рига Т-689"	10	341+53+288	0,6+0,6+0,45	1 050×2	0,2	16	1,0	10,5×2	1,6
„Электросигнал-2"	11,2	(400+60) ×2	0,33	865×2	0,18	20	0,93	26	1,0
„Ленинград"	—	(202+31) ×2	0,44	600×2	0,12	10	1,0	13	1,2
„Балтика"	—	(338+52) ×2	0,38	900×2	0,2	17	1,0	21	1,0
„Латвия"	—	204+31+172	0,9+0,9+0,7	540×2	0,29	10	0,8	12	1,5

ДАННЫЕ ВЫХОДНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ОТ НЕКОТОРЫХ РАДИОПРИЕМНИКОВ

Трансформатор от приемника	Сечение сердечника, *см*²	Первичная обмотка		Вторичная обмотка	
		Число витков	Диаметр провода, *мм*	Число витков	Диаметр провода, *мм*
„Тула"	3,24	2 500	0,09	60	0,55
„Рига Б-912"	2,56	2 360	0,12	28	0,6
„Искра"	2,5	3 500	0,1	80	0,51
„Таллин Б-2"	3,5	4 800	0,15	83	0,8
„Родина"	2,4	2 000×2	0,1	33	0,8
„Родина 47"	3,2	3 000×2	0,1	33	0,8
„Москвич"	2,56	2 850+150	0,1	60	0,64
„Рекорд 47" и „АРЗ-49"	2,56	2 000+200	0,12	87	0,59
„Пионер"	—	3 500	0,14	78	0,8
„7Н-27"	5	2 000×2	0,13	32	0,5
„6Н-25"	—	4 000	0,12	50	0,5
„Урал-47"	4	2 700	0,15	63	0,69
„Урал-49"	4	2 043+570+85	0,15	73	0,8
„Салют"	5	4 000	0,13	86	0,6
„ВЭФ М-557"	3,2	3 200	0,13	66	0,7
„Рига Т-689"	5	2 500	0,18	95+105	0,64
„VV-661"	—	1 625×2	0,2	68+160	1,0+0,2
„Электросигнал-2"	4,5	2 200	0,13	56	0,9
„Ленинград"	—	1 850×2	0,12	85+7	0,8
„Балтика"	—	2 150	0,15	58	0,8
„Латвия"	—	1 100×2	0,17	58+57	0,7